

直線水路における複列砂礫堆と網状流路の形成について

On the Large-Scale Bar Patterns in a Straight Channel

東京大学工学部 正員 ○玉井 信行

東京大学研究生 正員 長尾 哲

大成建設 正員 三国 史雄

1. はじめに

流水と大地との相互作用により形成される河川の流路形態あるいは河床形態は、気象・地質・地形条件などの要因の下に様々な形状を呈する。しかし流路の平面形状については Leopold and Wolman¹⁾ は、(i)直線水路 (straight channel) (ii)蛇行流路 (meandering channel) (iii)網状流路 (braided channel) の3つに分類できることを述べている。我国においても木下²⁾ による実験水路あるいは石狩川等における砂礫堆 (交互砂州) に関する研究がある。本論文は一様粒径ならびに混合粒径の砂を用いて、複列の砂礫堆ならびに網状流路などを実験室の直線水路で形成させ、その特性を調べたものである。砂礫堆、複列砂礫堆などは河床形態を表わす術語であるが、中規模河床形態は流路の平面形状を支配するので河床形態と流路形態とは密接に関連している。従ってここでは主として流路形態に着目するものの、その一部では中規模河床形態を表わす術語を用いて現象を説明してゆくことにする。

2. 流路形態の定義

ここでは従来得られている知見も参考にして、本論文で用いる用語の内容を明らかにしておく。流路形態の平面的な特徴について図-1に示す。

砂礫堆では下流側に張り出した形状をもつ前縁が水路を横断して双方の側壁の間にでき、この前縁と側壁との交点でその形状が反転して上下流に伸びる。そして側壁に沿う河床高さは平均河床高さの周りに周期的に変動するが、位相は左右岸で逆となる (図1-(a))。河床にこのような状態が出現すると主流線は緩やかに蛇行するようになり、レオポルド等も側岸が直線的でも谷線が蛇行しているものは蛇行流路に分類している。

複列砂礫堆はこうした砂礫堆が横断方向に2列以上生じたものであるが、筆者達の実験はすべて2列の場合である。2列の砂礫堆上の流れはいわゆる8の字蛇行を呈する。

網状流路とは低水時にいくつかの州や島によって水流が分れたり、再び合流したりして網目状の平面形を

呈すものを言う (図-1(c), (d))。レオポルド等は高水時には州や島が水没して1本の流路になるものを網状流路と呼び、砂州から発達して水面上に露出した島 (島と州との差異は植生の有無) の存在を特徴としている。これはデルタ地帯の分岐流路との差を示すための指標であり、網状流路における島の形態学的な分類も行なわれている³⁾ が、定量的な定義は中々難しい段階である。

3. 実験方法

実験に使用した水路は幅40cm、長さ21mの迴流式可変勾配水路と、上流端に三角堰を備えた幅100cm、長さ40mの可変勾配水路であり、後者は法政大学水工実験室のものを借用した。後者の水路ではその中にさらに小水路を設けて行なった実験もある。河床材料としては比重2.65の砂を3種類用いた。表-1

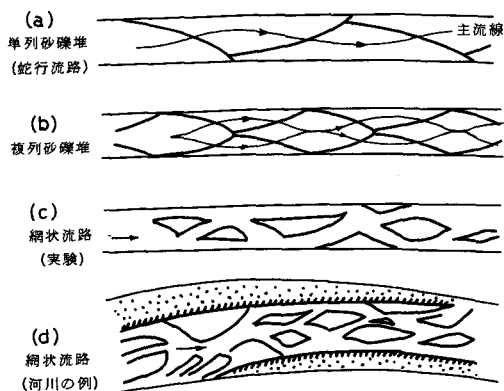


図-1 流路形態の分類図

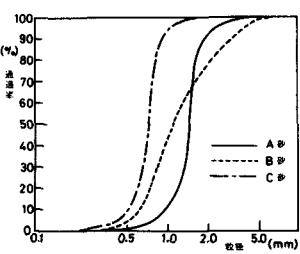
表-1 実験に用いた砂の粒度特性 (単位mm)

	d ₁₆	d ₅₀	d ₈₄	d ₈₄ /d ₁₆	d _{min}	d _{max}
A	1.13	1.46	1.69	1.50	0.21	3.54
B	0.71	1.07	2.45	3.45	0.21	7.07
C	0.57	0.72	0.83	1.46	0.16	1.30

に示すように、A砂とC砂は一樣砂に近い。ここに d_x は粒径加積曲線のx%に当たる粒径であり、 d_{min} 、 d_{max} は残留分が認められた最小あるいは最大の篩の目の間隙とその次のクラスの篩の目の間隔(d_{min} の場合は下へ、 d_{max} は逆)との幾何平均である。

実験においては水路の全長に水路床と平行に砂を敷きつめて通水する。流量が多く、勾配が大きい時は初めにせき上げにより河床面に水をはって置き、その後通水した。A砂、B砂に関する実験では水路長が短かいため、平衡状態になるよう原則として給砂し、C砂に関する実験では水路長が十分であるため給砂をしていない。給砂のない場合は砂は水路の最上流部河床の低下により補給され、測定部ではほぼ平衡状態と見なした。実験により得られた河床形態およびその場合の水理量の一覧を文末の付表に掲げる。

図-2 砂の粒径加積曲線



4. 複列砂礫堆

ここでは実験水路に2列の砂礫堆が出現したときの形態的な特徴について述べる。今回の実験においては複列砂礫堆は幅100cmの水路における実験系列でのみ観測されており、そこで用いられた砂はC砂である。横断面を10等分して通水10分後より10分毎にポイントゲージで水深を測定し、その平均をとった複列砂礫堆の典型的な横断形状を図-3に示す。水路中央にできるウロコ状の州は側岸に深掘れ部をもち、またウロコの外縁部の河床が高くなっていることがわかる。初期河床面より上昇しているのは上流側よりの流砂によるもので、堆積傾向にある区間に生じた河床形態と言えよう。

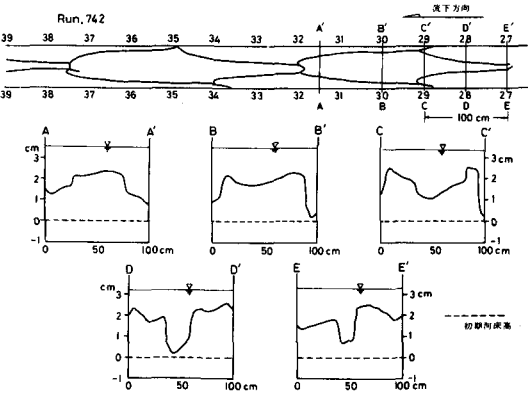


図-3 複列砂礫堆横断面

勾配が急な場合には複列砂礫堆の河床はかなり激しく移動変転し、時間の経過と共に単列の砂礫堆に移行する傾向が見られた。例えばrun 733の場合、通水後5分で2列の複列砂礫堆が形成され、30分程経つと次第に主流線は単列蛇行するようになり、深掘れ部が左右交互にでき単列砂礫堆の河床に変化した。このような現象が見られた例は他にもあったが、ここでは便宜的ではあるが形成後30分間以上複列砂礫堆に留ったものを複列砂礫堆と分類している。こうした河床形態が移行する場合にも、複列蛇行時と単列蛇行時の水理量(水深、水面勾配)にはあまり差は認められず、こうした水理量を指標として形態分類を行なうとすれば単列の砂礫堆と複列の砂礫堆との発生領域は互いに重複していることが予測される。

5. 網状流路

今回の報告においてはB砂とC砂における実験例で網状流路の発生が観測された。B砂を用いた実験では流路の中央部に粗い粒径の砂が堆積し、中州が下流側へ発達した。この中州の上流部と下流部において河床砂を採取して粒径の分布をみると、砂州の上流側では粗い粒子の割合が高くなっていた。今回の実験は側壁は非侵食性であったが、生成過程、中州の特徴などは侵食性の側岸を有する場合を対象としたレオボルド等の網状流路に関する記述と同一であった。また自然河川同様、網状流路の勾配は蛇行流路、直線流路といった単一流路の区間の勾配よりも急であり、過負荷状態の流送土砂を水流が置去ってできると一般に考えら

れている。しかし、レオポルド等は網状流路の形成が必ずしも堆積平衡作用のみによるものではなく、堆積による流積の減少を補って侵食が生じている、という説明をした。今回の run 218 から 232 では給砂をすることなく実験を行なったが、上流部の堆積のまったく生じていない区間でも網状流路が出現し、上述のレオポルド等の説明が妥当であることが確認された。

C砂を用いた実験では比較的勾配が大きくて水深が小さい場合に網状流路が出現した。しかしこの場合には、ウロコ状ないし複列の砂礫堆の出現後、網状流路が形成された点がB砂の場合との大きな相違点である。B砂とC砂とではその粒度分布の一樣さが異なり、B砂は d_{84} / d_{10} が 3.45 と実験室で得られた資料としては最も大きな部類に属すると思われる。またCの実験で用いられた水路の幅が 100 cm と大きなことにも原因があるかと思われるが、詳細については今後の課題である。ただ安定論としての蛇行の取扱いにおいて、高次のモードがそれを統合した1次モードへ移行して蛇行が発達するというモデルは再検討を要すると思われる。なぜならば前節にも触れたように複列砂礫堆は単列に移行する場合もあれば(蛇行流路)、勾配あるいは水深と水路幅の比によっては網状流路へ移行する場合もある。またウロコ状の河床を経ないで網状流路となる場合もあるからである。他の研究者の報告および実際河川の例については次節の形態区分に関する考察において述べる。

B砂を用いての実験においては履歴性に関する若干の結果を得ている。網状流路を出現させた後、徐々に勾配を減少させる。その方法は、例えば勾配を 36 / 2000 に保持し通水が続けても網状流路のままであれば更に勾配を減少させる。これによれば勾配を 25 / 2000 まで減少させても網状流路であった。ところがいったん水を止め、河床を平坦にならしてのち通水すると砂は殆んど動かず平坦河床のままであった。これは明らかに初期形状の影響が残ることを示している。ところが 25 / 2000 で平坦である水路の勾配を増加させてゆくと、28 / 2000 で網状流路が現われた。すなわち平坦から急に網状となったわけであり、掃流力がある値以上であればその領域では履歴性は問題とならないことがわかった。しかし流量の変動に対する履歴性の検討は水路幅などの実験装置の制約もあり明確な結果は得られていない。

6. 形態区分図および考察

今回の実験の目的は実際の河川の流路形態を推定する手掛りを知ることであるので、河床形態としては主として中規模河床形態について観察を行なった。そして形態区分図の考え方としては小規模な河床波(砂鏈、砂堆など)と中規模形態、網状流路とが区別でき、さらには指標の数値の大きな領域に中規模形態が図示される形式が望ましいと考えられた。形態区分を行なう際には河床材料の限界掃流力をどのように算定するかが問題となるので、この問題から議論を進める。

(1) 限界掃流力

混合砂に対して限界掃流力を知ることは中々難しいことである。ここでは適合性がよいと言われる Egiazaroff 式⁴⁾を用いて限界掃流力 τ_c を求める。

$$\tau_c / (r_s - r_w) d_i = 0.1 / [\log_{10} 1.9 (d_i / d_{ave})]^2 \quad (1)$$

ここに、 r_s , r_w はそれぞれ砂と流水の単位重量、河床砂全体を対象とすれば $d_i = d_{50}$, d_{ave} は d_{min} と d_{max} の相加平均である。 d_{min} , d_{max} は前述の如く篩の目から定まる最小および最大粒径である。実験に用いられた砂の粒度特性は表-1に示されており、式(1)による限界摩擦速度はA砂: 4.15 cm/sec, B砂: 5.57 cm/sec, C砂: 2.68 cm/sec である。式(1)による数値は d_{50} に対して岩垣式を適用したものに比し大きい値となる。

(2) 従来の形態区分図

河床形態あるいは流路形態の区分図については従来もいくつかの発表がある。しかしその多くは小規模形態の範囲内での区分、あるいは小規模形態と砂礫堆との区分を目標としていたように思われる(例えば鮭川⁵⁾)。ここではそれ以上の規模の形態に力点があるので、レオポルド等¹⁾および池田⁶⁾の区分図を用いて今

回の結果がどの領域に分類されるかを比較する。

レオポルド等は実際河川および側岸の侵食を許す実験水路での観測より

$$I = 0.0125 Q^{-0.44} \quad (Q: m^3/sec) \quad (2)$$

を境に、勾配が大であれば網状流路、勾配がこれより小であれば蛇行流路に分類できるとした。図-4に今回の結果および池田の結果との比較を示す。池田の実験は側岸の侵食を許す形式で行なわれており、彼の言う複列砂礫堆は網状流路にあたる。この予測の適用性が高ければ単列砂礫堆が蛇行域に、複列および網状流路が網状域に区分される筈であるが、図-4の如くすべて蛇行域に入り実験例をうまく分類できない。図には流量の範囲が大きく異なるので作図上載せてないが、昭和44年8月洪水時の常願寺川、黒部川の資料（共に網状流路）および昭和49年9月洪水時の多摩川の例（複列）はすべて網状域にプロットされる。

図-5に池田の区分図へ実験データをプロットした例を示す。上述のように池田の言う複列領域は網状域であり、網状流路のデータはこの領域にプロットされる。しかし今回得られた複列砂礫堆の結果は殆んど単列域にプロットされる。また木下²⁾の複列砂礫堆の結果は単列と網状の境界付近にプロットされる。実際河川の洪水時（bankful 流量と考えられる）の資料では、多摩川と黒部川の1例が単列域にプロットされている。従って単列砂礫堆、複列砂礫堆、網状流路の区分は池田の形態区分図ほど単純ではないと思われる。なお、池田の形態区分の境界は、限界掃流力を岩垣式によって定めた資料に基づいて得られているので、図-5に示した数値を得るについては式(1)を用いず、 d_{50} に対して岩垣式を用いて計算した限界掃流力の値を利用している。

(3) 新しい区分図の考え方

これまでに見てきたように従来の区分図にはなお種々の問題点があることがわかった。レオポルド等の考え方は無堤の自然河川を対象としており、我国の河川のように堤防を有する場合とは考え方にも差があるように思われる。彼らは bankful 流量という概念を用いている。自然河川の場合には対象地域の雨量とそれによる流出量、河床材料、地形などに応じてその流出量を収容できるだけの河道の深さ、幅などが決定され、ひいては bankful 流量が対象河川の特質を具現した形で決定されるのであろう。そしてこれに応じて河道の勾配が従属変数として決定されると考えることができる。例えば流域からの流出量が大きかったとしても、過剰分は氾濫原を流れるだけで河道部には関係しないわけである。従って自然河川の bankful 流量は、河床材料の特性、河道幅、水深などを暗に含んだ流量と言える。しかし河川の幅、堤防の高さなどに人工的な要因が加わった場合の計画高水位などは、自然的要因として決定される bankful 流量により定まる水位などとは異なってくるであろう。従って両岸が拘束された水路を対象とする場合にはレオポルド等と同様な考え方をするにしても、流量のみで河道の断面形までを含めた要素を代表させるわけにはゆかなくなってくる。従って、流量 Q 、河道幅 B 、平均水深 h 、河床材料（これの代表としての限界摩擦速度 u_{*c} ）、水面勾配 I の5者の間にある関係が成立することが予測される。

一方、池田は掃流力と限界掃流力との比が、鉛直尺度と水平尺度との歪みを含むモデルと実際河川とにお

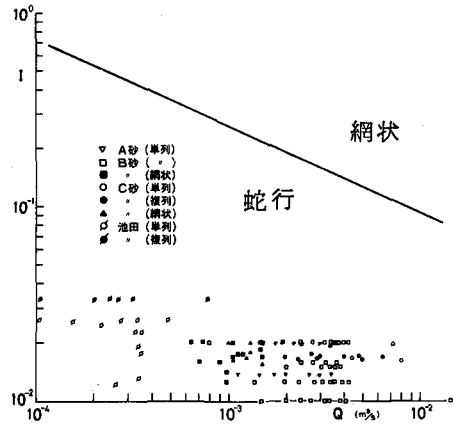


図-4 レオポルドの区分図による比較

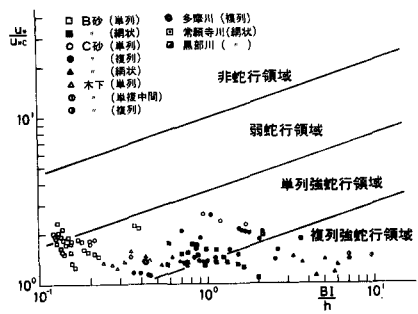


図-5 池田の区分図による比較

いて一致することを主眼に演算を行ない、 u_{*c}/u_{*c} と BI/h とが支配的な無次元数であることを導いた。
本論文では上記の5つの物理量（ I は無次元であるから次元を有する量は4つ）に対する次元解析から

$$f\left(\frac{v}{u_{*c}}, \frac{B}{h} I\right) = 0 \tag{3}$$

を得た。無次元パラメーターの決定にはある程度の自由度があるが、式(3)の形式はレオポルド等の提案した式(2)を基準としている。 $v = Q/Bh$ であるから、第1のパラメーターは側壁を拘束された場合の流量を代表し、第2のパラメーターは池田によって得られたように歪み模型を考えた場合の修正された勾配を表わしている。

もう1つの区分基準は次のようにして得られた。支配的な物理量として限界摩擦速度 u_{*c} 、河道幅 B 、平均水深 h 、勾配 I 、河床面の粗さとしての代表粒径 d_M （ $= (d_{16} + d_{50} + d_{84})/3$ で定義）と水面の波動の支配要因である重力加速度 g 、また流水の流下方向の代表長さ L を考えると、次元解析より

$$\phi_1\left(\frac{u_{*c}}{u_{*c}}, \frac{B}{L}, \frac{h}{d_M}, I, F_r\right) = 0$$

を得る。 F_r はフルード数である。平面上に図示するための手段として2つの無次元量に合成すると次式を得る。このとき次的には $I = h/L$ であることを考慮する。

$$\phi\left\{\left(\frac{u_{*c}}{u_{*c}}\right)^2, \frac{BI}{d_M} F_r\right\} = 0 \tag{4}$$

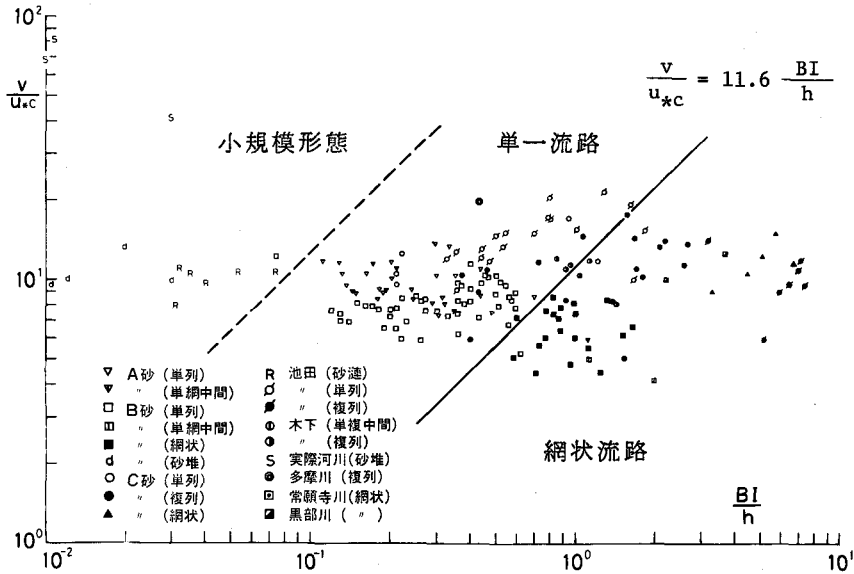
こうした2種類の形態区分図に実験の結果および実河川での資料を示したのが図-6, 7である。これらはそれぞれ式(3), (4)で示された無次元量によって整理されており、 u_{*c} は式(1)により算出されている。

ここで実河川の資料について簡単に説明を加える。多摩川は昭和49年9月にほぼ計画高水流量に等しい出水をみた。この出水における減水時の写真をみると、河口より約3.64 km地点（浅川合流点より0.6 km下流）の河道中央部に複列砂礫堆のとき典型的に出現するウロコ状の砂州が見られた。航空写真より判断すると右岸の高水敷は浸水していないと考えられ、これを基に横断面より河幅、平均水深を求めた。河床砂の粒度分布については対象地点のものはなかったが、日野市の河床面で $d_{50} = 60 \text{ mm}$ 、府中で $d_{50} = 50 \text{ mm}$ という報告があり、また4.9 km地点で $d_{50} = 50 \text{ mm}$ で粒径加積曲線が得られていたので4.9 km地点の分布形を準用し、式(1)を用いて限界掃流力を得た。常願寺川、黒部川は昭和44年8月にほぼ計画規模に等しい出水をみた。常願寺川では9.1 km地点の横断面図、44年の9 km地点における粒径加積曲線から水理量を算出した。水位は計画高水位に等しいとしており、航空写真でみる河床形態は網状流路である。黒部川では河口より7 km, 10 kmでの資料を用いた。ここでは痕跡水位と横断面図、昭和50年の粒径加積曲線から水理量を算出した。河床は同じく網状を呈している。また黒部川ではほぼ直線の河道部でも左右岸の痕跡水位に差があることが多くの洪水で経験されており、高水時にも水流が蛇行していることが推測されるが、主流線の蛇行が単列か複列かについての資料は現在のところ見あたらない。

River	Q m ³ /sec	B m	h m	I	d ₁₆ cm	d ₅₀ cm	d ₈₄ cm	d _{ave} cm	distance km
Tama	4200	323	2.40	1/310	0.32	5.0	22.0	8.65	36.4
Jyoganji	2764	391	2.17	1/90	1.12	24.5	95.0	70.7	9.1
Kurobe	5660	618	1.56	1/160	0.25	5.1	25.2	22.4	7.0
Kurobe	5660	483	2.61	1/85	0.27	9.7	34.5	22.4	10.0

表 2 実河川における水理量および粒度特性

図-6 v/u_{*c} と BI/h による形態区分



なお表-2に示されている流量は基準地点のものである。多摩川では浅川合流後は石原地点まで大きな合流はなく、黒部川ではこの洪水により7 km地点で破堤したが上流部では最大流量は変化しないものとした。さらに多摩川の資料では平均流速が5.4 m/secに達し過大であると思われる。水位を計画高水位に等しいとすれば河積が増し流速は減少するが、この洪水において測定されている水位は他の地点でも計画値を下廻っており⁷⁾、適当な修正方法もないので表-2の値としている。この点を考慮すると多摩川における v/u_{*c} の値はもう少し小さくなる可能性がある。

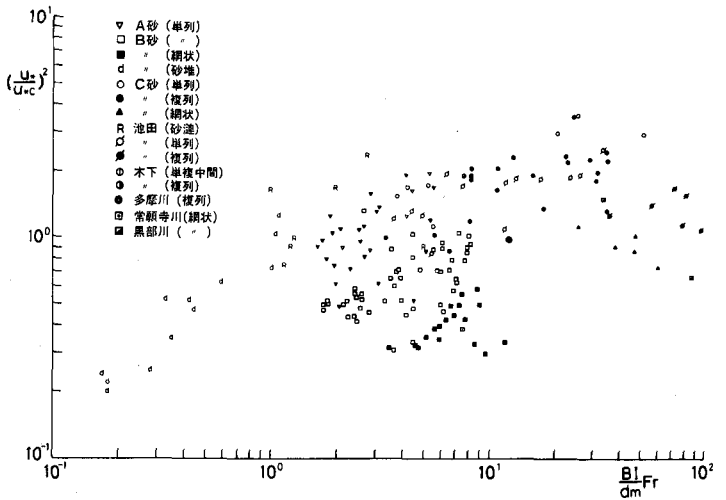


図-7 $(u_{*c}/u)^2$ と BI_Fr/d_M による形態区分

図-6, 7を見ると大勢としては資料の分布形は似ておりその優劣は際立ったものではない。しかし各領域の区分をそれぞれが平行な境界線で行なおうとすると、図-6の方が小規模領域と中規模領域の分離、複列と網状流路との分離が全体的に見て良好と思われる。従って中規模河床形態の分類には河床砂の粒径は陽の形で効いてこないということになる。また単列砂礫堆と網状域の間にはかなり幅の広い遷移域が存在する。これは複列砂礫堆が中間的な性格を持っているためでもあり、こうした複雑さは河床形態に着目する限り不可避のように思われる。

実際の河川では流量の変化があり、木下は高水時にはウロコ状の河床が生じている河川は低水時には網状を呈するとも述べている。これに反し実験においては一定の流量を流しているから、こうした河床形態の変

化は生じない。しかし流路形態を中心に考え、単一の流路か複数の流路かを考えると複列砂礫堆と網状流路は同一の区分と考えてよい。前述のようにこれは実際河川に対しても適用できる可能性が高いので、図-6を河床形態の区分図と考えず、流路形態の区分図と考えれば単一の境界を考えることも可能である。そして実際河川の例も常願寺川、黒部川は高水時(このときウロコ状の砂州が河床に形成されている可能性もある)の水量を用いての予測が網状域に入るので平常時の河道が網状であり、多摩川では単一流路域の予測通り平常時には網流していない。図-6における実線は次式を示す。

$$\frac{v}{u_{*c}} = 11.6 \frac{BI}{h} \quad (5)$$

実在河川において報告されている小規模河床波の資料⁸⁾も図-6には掲げたが、砂堆などはスケールの大きな河床形態の上ののっていることが考えられる。このような場合には水路幅、平均水深などが直接こうした河床波の形成に関与しているか否かが不明で、局所的な水量が強く関与している可能性もある。従って、こうした小規模河床波は横断面内のどの位置に発生していたか、さらには局所的な水量の値などが問題となると思われるが、河川での詳細な資料を基に議論する段階には至っていない。

7. 結論

本論文で得られた結論は次のように要約される。

- 1) 網状流路の発生経緯は従来言われていた流送土砂の過負荷によるもののみでなく、ウロコ状の砂州が形成されてのち発生する形式もあることが観測された。
- 2) 網状流路については勾配を変化させる実験を行ない、掃流力がある値以上であれば初期形状に依らず同一形態が出現することを確認した。しかし流量に関する履歴性の検討は今後の課題である。
- 3) v/u_{*c} と BI/h という2つの無次元量を用いれば小規模河床波と中規模河床形態の発生域を識別することができる。
- 4) 中規模以上の河床形態は河床面の形状のみに注目するのは分類が錯綜するばかりで本質的でない。こうした大きなスケールの河床の相貌は流路形態という観点から見るのがよく、単一流路と網状流路の区分に意義があると思われる。本論文で得られた形態区分図に依れば、不定流が出現する実際河川の流路形態についても妥当な解釈が可能であった。

謝辞

自由学園の木下良作博士にはこの研究の過程で多くの示唆を与えて頂いた。法政大学土木工学科の西谷隆巨助教授、牧野立平氏には水路を借用させて頂くなどの御協力を仰いだ。常願寺川、黒部川の洪水時の資料の入手に当っては建設省土木研究所の吉野文雄氏の御尽力に依るところが大であった。東京大学都市工学科の市川新助教授には多摩川に関する資料を提供して頂いた。これらの方々の御協力に厚く謝意を表する。

参考文献

- 1) Leopold, L.B. and Wolman, M.G.: River channel patterns—braided, meandering and straight, U.S.G.S. Prof. Paper 282-B, 85p.(1957).
- 2) 木下良作: 石狩川河道変遷調査, 科学技術庁資源局資料第36号, 138p.(1961)及び参考編, 174p.(1962).
- 3) Kellerhals, R., Church, M. and Bray, D.I.: Classification and analysis of river processes, J.Hy. Div., Proc. ASCE, vol. 102, HY 7, 813-829(1976).
- 4) Egiazaroff, J.V.: Calculation of nonuniform sediment concentrations, J.Hy.Div., Proc. ASCE, vol. 91, HY4, 225-247(1965).
- 5) 鮎川 登: 直線河道における流れの蛇行現象に関する水理学的研究, 科学技術庁資源調査所, 427p., (1972).

- 6) 池田 宏：沖積河道の河床形態に関する地形学的研究，科学技術庁資源調査所（1972）あるいは東京教育大学学位論文 227 p.
- 7) 岡田 朋，中村敏治，福田昌史：台風16号による多摩川水害の概要，土木学会誌59巻，12月号，65-69（1974）。
- 8) 土木研究所鹿島試験場：相似律の観点から見た移動床流れの水理〔Ⅲ〕——実河川の移動床の水理に関する基本資料集——，土木研究所資料第1154号，96 p.（1976）。

付表 実験の水理条件および得られた河床形態

記号 Q：流量， h：平均水深， I：水面勾配， B：水路幅

河床形態の略号 A.B.：単列砂礫堆， D.B.：複列砂礫堆， B.：網状流路， D：砂堆，
F：遷移河床

Sand A, Channel width B=30cm					Sand C, Channel width B=100cm				
Run	I	Q(l/s)	h(cm)	bed form	Run	I	Q(l/s)	h(cm)	bed form
1	1/102	2.21	1.99	A.B.	708	0.0167	4.40	1.38	A.B.
2	1/102	1.87	1.62	A.B.	710	0.0168	1.24	0.51	B.
3	1/102	2.55	2.15	A.B.	711	0.0170	3.00	0.16	D.B.
4	1/102	1.77	1.58	A.B.	712	0.0052	7.20	2.54	A.B.
5	1/102	2.32	2.06	A.B.	713	0.0050	6.20	2.39	A.B.
6	1/102	1.97	1.91	A.B.	714	0.0054	8.50	2.51	A.B.
7	1/102	2.39	1.81	A.B.	715	0.0055	4.40	1.57	A.B.
8	1/102	1.84	1.46	A.B.	716	0.0055	2.20	1.38	D.B.
9	1/102	1.75	1.53	A.B.	718	0.0055	3.00	1.24	D.B.
10	1/102	1.72	1.64	A.B.	719	0.0055	3.50	1.20	D.B.
11	1/102	0.91	0.97	A.B.	720	0.0054	4.10	1.47	D.B.
12	1/102	3.40	2.33	A.B.	722	0.0179	1.30	0.31	B.
13	1/73	1.14	1.19	A.B.	723	0.0174	2.70	0.97	D.B.
14	1/73	1.45	1.43	A.B.	724	0.0164	2.30	0.62	D.B.
15	1/73	0.80	0.86	A.B.	725	0.0160	1.50	0.43	B.
16	1/73	1.41	1.32	A.B.	726	0.0166	1.05	0.37	B.
17	1/73	1.96	1.71	A.B.	727	0.0170	3.00	0.82	D.B.
18	1/73	2.62	1.91	A.B.	728	0.0169	4.00	1.03	D.B.
19	1/73	2.97	2.03	A.B.	729	0.0171	4.80	1.09	D.B.
20	1/73	3.41	2.38	A.B.	730	0.0162	8.00	1.73	A.B.
21	1/73	1.73	1.68	A.B.	731	0.0170	6.40	1.61	D.B.
22	1/51	3.44	2.00	A.B.	732	0.0199	1.30	0.39	B.
23	1/51	2.99	1.77	A.B.	733	0.0193	3.40	0.89	D.B.
24	1/51	2.62	1.98	A.B.	734	0.0197	7.20	1.15	A.B.
25	1/51	2.17	1.67	A.B.	735	0.0196	2.40	0.77	D.B.
26	1/51	1.75	1.27	A.B.	736	0.0199	1.00	0.33	B.
27	1/51	1.48	1.34	A.B.	739	0.0119	1.96	0.87	D.B.
28	1/51	0.90	0.84	A.B.	740	0.0116	2.90	1.26	D.B.
29	1/51	0.38	0.52	A.B. & B.	741	0.0117	1.05	0.77	D.B.
30	1/102	1.28	1.25	A.B.	742	0.0113	5.00	1.58	D.B.
31	1/102	2.94	2.24	A.B.					
32	1/102	3.70	2.66	A.B.					

Sand B, Channel width B=40cm

Run	I	Q(l/s)	h(cm)	bed form	Run	I	Q(l/s)	h(cm)	bed form
123	1/133	3.42	2.22	A.B.	178	1/50	2.72	1.36	A.B.
124	1/133	3.73	2.35	A.B.	179	1/50	3.15	1.47	A.B.
125	1/133	3.89	2.36	A.B.	180	1/50	3.40	1.55	A.B.
126	1/133	4.24	2.49	A.B.	181	1/50	3.73	1.61	A.B.
128	1/111	2.46	1.60	A.B.	182	1/50	0.80	0.71	A.B. & B.
129	1/111	2.45	1.69	A.B.	183	1/50	3.96	1.82	A.B.
130	1/111	2.80	1.91	A.B.	184	1/50	4.21	1.77	A.B.
131	1/111	3.16	1.84	A.B.	185	1/50	1.32	0.80	A.B. & B.
134	1/111	3.90	2.20	A.B.	188	1/1000	21.50	8.99	D.
135	1/111	4.21	2.33	A.B.	189	1/1000	26.50	10.54	D.
137	1/100	1.98	1.51	A.B.	190	1/1000	30.60	11.93	D.
138	1/100	2.36	1.78	A.B.	191	1/1000	60.10	13.30	D.
140	1/100	3.19	1.98	A.B.	193	1/500	16.20	7.64	D.
141	1/100	3.33	1.93	A.B.	194	1/500	38.40	14.07	D.
142	1/100	3.72	2.27	A.B.	195	1/500	49.20	14.12	D.
143	1/100	3.81	2.22	A.B.	197	1/400	18.70	8.33	D.
144	1/100	4.09	2.32	A.B.	198	1/400	49.40	13.16	D.
145	1/80	1.95	1.20	A.B.	199	1/200	13.40	6.02	D.
146	1/80	1.36	0.90	A.B.	200	1/200	29.00	9.90	D.
147	1/80	0.95	0.81	A.B.	201	1/200	47.00	13.39	D.
148	1/80	1.94	1.40	A.B.	202	1/100	14.75	5.39	A.B.
149	1/80	2.32	1.40	A.B.	203	1/100	45.30	11.25	F.
150	1/80	2.36	1.30	A.B.	204	1/80	17.30	5.14	F.
151	1/80	2.81	1.67	A.B.	205	1/80	31.20	7.08	F.
152	1/80	3.09	1.83	A.B.	206	1/80	45.50	9.37	F.
153	1/80	3.41	1.82	A.B.	207	1/67	15.40	4.72	F.
154	1/80	3.58	1.94	A.B.	208	1/67	36.80	7.45	F.
155	1/80	3.92	2.02	A.B.	209	1/67	44.90	9.66	F.
156	1/80	4.23	2.24	A.B.	210	1/57	12.80	3.54	F.
157	1/67	1.98	1.05	A.B.	211	1/57	22.90	5.68	F.
158	1/67	3.05	1.30	A.B.	212	1/57	35.30	6.76	F.
159	1/67	3.08	1.66	A.B.	213	1/57	43.90	7.77	F.
160	1/67	3.39	1.88	A.B.	214	1/50	15.00	3.92	F.
161	1/67	3.60	1.64	A.B.	215	1/50	26.30	5.28	F.
162	1/67	3.83	1.49	A.B.	216	1/50	31.20	5.56	F.
163	1/57	1.12	0.80	B.	217	1/50	49.90	8.54	F.
164	1/57	1.41	0.80	B.	218	1/50	1.05	0.61	B.
165	1/57	1.88	1.17	B.	219	1/50	1.47	0.92	B.
166	1/57	2.39	1.21	A.B.	220	1/54	1.47	0.89	B.
167	1/57	2.45	1.38	A.B.	221	1/59	1.50	0.88	B.
168	1/57	3.20	1.74	A.B.	222	1/50	0.64	0.64	B.
169	1/57	2.75	1.40	A.B.	223	1/59	1.05	0.77	B.
170	1/57	3.42	2.10	A.B.	224	1/67	1.05	0.78	B.
171	1/57	3.66	1.77	A.B.	225	1/71	0.98	0.77	B.
172	1/57	4.00	1.89	A.B.	226	1/80	0.98	0.86	B.
173	1/50	0.73	0.53	B.	227	1/50	0.73	0.49	B.
174	1/50	1.05	0.80	B.	228	1/56	0.73	0.63	B.
175	1/50	1.50	0.82	B.	229	1/63	0.71	0.66	B.
176	1/50	1.89	0.98	B.	230	1/63	0.90	0.90	B.
177	1/50	2.36	1.35	A.B.					